

0,4mm the hardness is equal to hardness of basic material and has value of 140 HV0,5. On surface of laser cut is create small oxide layer of thickness about 0,1 mm.

CONCLUSION

Laser cutting is high-temperature process which characterize small heat affected zone (HAZ). Size of heat affected zone for low carbon steel Ust 13/Werkst. No 1.0333.5 (DIN) is from 0,2 mm to 0,4 mm depending from plate thickness. Hardness of surface cut layer has value of 230 HV0,5. In depth from 0.4 mm hardness is equal to hardness of basic material and has value of 140 HV0,5. Small heat affected zone (HAZ) make laser cutting to be an attractive process for application to contour cutting metal plate.

REFERENCES

1. Radovanovic M., Research the Quality of the Cut by Laser Cutting, First ESAFORM Conference on Material Forming, CEMEF, Sophia Antipolis, France, 1998, p.247-250
2. Radovanovic M., Laser Machines for Contour Cutting and Their Influence on Working Quality, 6th ICTP, International Conference on Technology of Plasticity, University Erlangen-Nuremberg, Nuremberg, Germany, 1999, p.729-730
3. Radovanovic M., Working Quality by Laser Cutting Machines, 7th International Conference on Tribology, Faculty of Mechanical Engineering, Budapest, Hungary, 2000, p.255-258
4. Radovanovic M., Laser Cutting Process, 5th International conference DEMI 2002, Faculty of mechanical engineering, Banja Luka, Bosna&Hercegovina, 2002, p.179-184
5. Radovanovic M., Characteristics of Laser Cutting, 8th International Conference "University days", University

6. Constantin Brancusi, Targu Jiu, Romania, 2002, CD
6. Radovanovic M., Advantages and Disadvantages of Laser Cutting, 4th International Conference on Tribology - Balkantrib2002, Kayseri, Turkey, 2002, p.230-237
7. Radovanovic M., Supplement to Investigation of Laser Cutting, 1st International Conference on Advanced Technologies for Developing Countries - ATDCr02, Slavonski Brod, Croatia, 2002, p.221-226
8. Radovanovic M., Modeling of Laser Cutting Speed, Progressivne tehnologije i sistemi mašinstvo, Vipusk 22, Doneck, Ukraine, 2002, p.246-251
9. Radovanovic M., Mathematical Modeling the Feed Rate by Laser Cutting and Experimental Verification, Advanced Technology of Plasticity (2002), Vol.2, edited by M. Kiuchi, H. Nishimura, J. Yanagimoto, Yokohama, Japan, 2002, p.1817-1822
10. Radovanovic M., Determination of Laser Cutting Speed Based on Energy Balance, Tribologia 6/2002 (186), rok XXXIII, ISSN 0208-7774, SIMPRESS, Warszawa, Polska, 2002, p.1561-1570
11. Radovanovic M., Modeling of Laser Cutting Process, VIIIth International Symposium "INTERTRIBO 2002", Stara Lesna-Tatranska Lomnica, Slovak Republic, 2002, p.370-373
12. Radovanovic M., Laser Cutting 3-D Parts by Robots, Rezanje i instrument 63/2002, Vipusk 63, Harkov, Ukraine, p.130-135
13. Radovanovic M., Advantages and Disadvantages of CO₂ Laser Cutting, Buletinul institutului politehnic din Iasi, Tomul XLVII (LII), Iasi, Romania, 2002, p.206-210
14. Radovanovic M., Laser Cutting Cost Considerations, International scientific conference "UNITECH'02", Gabrovo, Bulgaria, 2002, p.362-366

Одержано 05 вересня 2003 р.

Приведены результаты экспериментальных исследований, которые определяют качество лазерной резки, а также характеристики материала в зоне этого процесса.

Наведено результати експериментальних досліджень, які визначають якість лазерної різки, а також характеристики матеріалу в зоні цього процесу.

УДК 621.923.01

Скібінський О.І.

Кіровоградський державний технічний університет

СПОСІБ ОБРОБКИ РОБОЧИХ ПРОФІЛІВ ДЕТАЛЕЙ ПОЗАЦЕНТРОЇДНИХ ЕПІЦИКЛОЇДАЛЬНИХ ПЕРЕДАЧ ВНУТРІШНЬОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ

В статті розглядається спосіб обробки робочого профілю цівкового колеса позациентроїдної епіциклоїдальної передачі внутрішнього зачеплення, а також методика визначення вироблювальної частини інструмента для його здійснення.

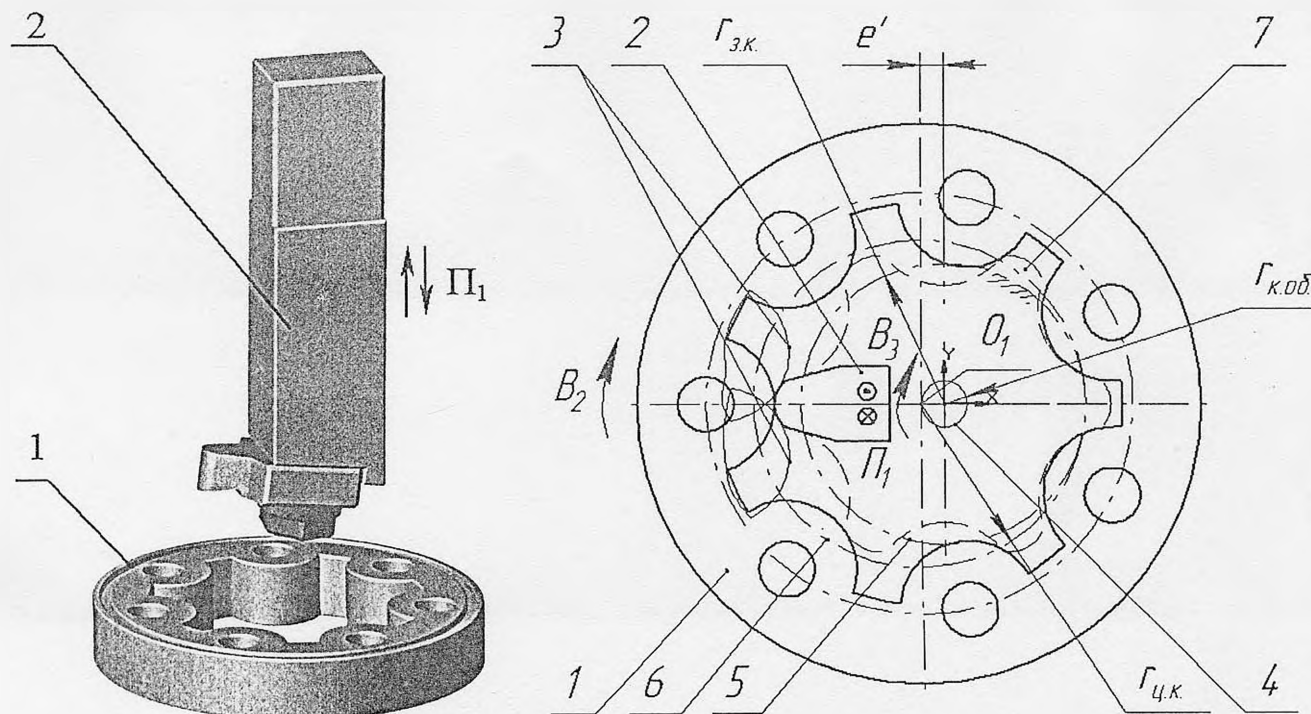
Існуючі способи [3,4,5,6] обробки робочих профілів деталей позацентроїдних епіциклоїдальних передач внутрішнього зачеплення (ПЕПВЗ) передбачають використання або складних пристроїв, або ж складного інструменту. Виробні частини інструментів мають зв'язані ділянки, що охоплюють робочий профіль цівки під час обробки, при цьому матеріал вирізається сегментами великої довжини, що викликає значні зусилля при формоутворенні та при недостатній жорсткості інструмента приводить до неточностей оброблених поверхонь. Інструменти мають малу кількість переточувань та високу собівартість. Крім того, дані інструменти складно оснастити прогресивними різальними матеріалами, що знижує їх технологічні можливості.

Метою роботи є удосконалення формоутворення різанням робочих профілів деталей ПЕПВЗ.

- розробка способу формоутворення робочого профілю цівкового колеса ПЕПВЗ;

- створення методики визначення виробної частини інструмента для здійснення способу.

В основу пропонуємого способу (рис.1) покладена ідея [7] використання в якості виробної частини різального інструмента еквідистанти епіциклоїди, яка відповідає випуклій частині одного зуба зубчастого колеса ПЕПВЗ, а ділянки із ввігнутими частинами виконано у вигляді відрізків дотичних до обумовленої випуклої частини в точках переходу її із випуклої у ввігнуту (рис.2).



1 - цівкове колесо, що оброблюється; 2 - інструмент; 3 - ряд послідовних положень цівкового колеса, що оброблюється; 4 – коло обкату (радіус дорівнює ексцентриситету ПЕПВЗ); 5 – центроїда інструмента (центроїда уявного зубчастого колеса), 6 – центроїда цівкового колеса, що оброблюється; 7 – уявне зубчасте колесо; O_1 – центр цівкового колеса; O – центр кола обкату і центроїди інструмента; $r_{к.об.}$ - радіус кола обкату; e' - величина ексцентриситету в зачепленні інструмент – цівкове колесо, яке оброблюється; Π_1 - зворотно-поступальний рух інструмента; B_2, B_1 - планетарний рух цівкового колеса, яке оброблюється (рух обкату)

Рисунок 1 – Спосіб формування робочого профілю цівкового колеса ПЕПВЗ однозубим довбачем, профіль якого адекватний випуклій частині профілю зуба зубчастого колеса, в умовах обкату при нерухомому інструменті і планетарному русі цівкового колеса, що оброблюється:

При формоутворенні цівкове колесо повторює рух обкату двох спряжених коліс ПЕПВЗ: цівкового 1 і уявного зубчастого 7, одне із яких являється інструментом, а інше цівковим колесом, яке оброблюється, причому, в площині перпендикулярній власній осі цівкове колесо виконує планетарний рух, який складається із обертання B_2 навколо власної осі і руху B_3 останньої по траєкторії 4, яка являється колом з радіусом $r_{к.об.}$ відносно нерухомого інструмента.

В процесі такого переміщення цівкове колесо 1, що оброблюється обкочується навколо нерухомого формоутворюючого профілю інструмента 2. За один оберт центра центроїди цівкового колеса O_1 по траєкторії 4 проходить обробка робочого профілю однієї цівки. Повна обробка робочих профілів усіх цівок цівкового колеса ПЕПВЗ здійснюється за кількість обертів центру O_1 , яка дорівнює кількості цівок цівкового колеса ПЕПВЗ.

Радіус кола обкату визначається за формулою:

$$r_{к.об.} = e' \quad (1)$$

з умовою, що ексцентриситет в зачепленні інструмент-цівкове колесо, яке оброблюється e' , дорівнює ексцентриситету e ПЕПВЗ.

Для визначення координат, що визначають формоутворюючу випуклу частину інструмента необхідно знайти координати точок переходу евідистанти до епіциклоїдальної кривої $T'F'E'$ (рис.2) із випуклої у ввігнуту, які відповідають точкам переходу K_1, K_2 епіциклоїдальної кривої TFE .

Значення кута φ при якому відбувається перехід епіциклоїдальної та евідистантної епіциклоїдальній кривим із випуклої у ввігнуту (точки перегину) визначаємо виходячи із теореми 6.11 [8]. Згідно якої, якщо крива має точки перегину і друга похідна функції в даних точках є безперервною, то друга похідна в даних точках перетворюється в нуль.

Тоді маємо рівняння:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\frac{d^2 y}{d\varphi^2} \cdot \frac{dx}{d\varphi} - \frac{d^2 x}{d\varphi^2} \cdot \frac{dy}{d\varphi}}{\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^3} = 0 \quad (2)$$

де j - кут повороту центра центроїди цівкового колеса по колу обкату, x, y - координати епіциклоїдальної кривої [4].

Згідно рівняння (2), значення перших та других похідних складають:

$$\frac{dx}{d\varphi} = R \cdot \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \cdot \cos \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \cdot \varphi - e' \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

$$\frac{dy}{d\varphi} = -R \cdot \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \cdot \sin \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \cdot \varphi + e' \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

$$\frac{d^2 x}{d\varphi^2} = -R \cdot \left(\frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \right)^2 \cdot \sin \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \cdot \varphi + e' \cdot \sin \varphi \quad (5)$$

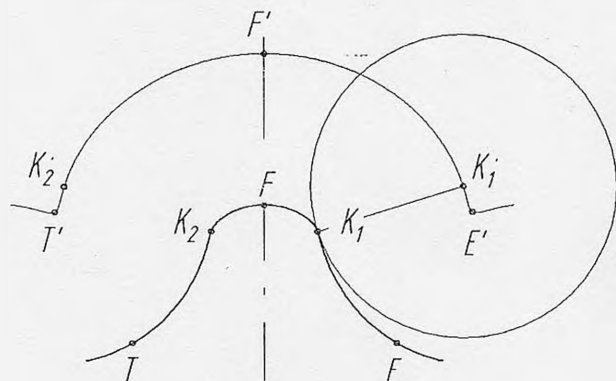


Рисунок 2 – Точки переходу епіциклоїдальної та евідистантної епіциклоїдальній кривим із випуклої у ввігнуту: $T'F'E'$ – епіциклоїдальна крива; TFE – евідистанта до епіциклоїдальної кривої; K_1, K_2 – точки переходу епіциклоїдальної кривої із випуклої у ввігнуту і навпаки; K_1, K_2 – точки переходу евідистанти до епіциклоїдальної кривої із випуклої у ввігнуту

$$\frac{d^2 y}{d\varphi^2} = -R \cdot \left(\frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \right)^2 \cdot \cos \frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} \cdot \varphi + e' \cdot \cos \varphi \quad (6)$$

Приймаючи, що $\frac{z_{ц.к.} - z_i}{z_{ц.к.}} = a$, враховуючи

формули (3) – (6) та підставляючи їх значення в формулу (2), після спрощень маємо:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{R \cdot a \cdot e' \cdot (a+1) \cdot \cos(1-a)\varphi - R^2 \cdot a^3 - e'^2}{\left(R \cdot a \cdot \cos a\varphi - e' \cdot \cos \varphi\right)^3} \quad (7)$$

Прирівняємо формулу (7) до нуля:

$$\frac{R \cdot a \cdot e' \cdot (a+1) \cdot \cos(1-a)\varphi - R^2 \cdot a^3 - e'^2}{\left(R \cdot a \cdot \cos a\varphi - e' \cdot \cos \varphi\right)^3} = 0 \quad (8)$$

Рівняння (9) дорівнює нулю коли його чисельник дорівнює нулю, а знаменник не дорівнює нулю, тоді:

$$R \cdot a \cdot e' \cdot (a+1) \cdot \cos(1-a) \times \\ \times \varphi - R^2 \cdot a^3 - e'^2 = 0 \quad (9)$$

$$(R \cdot a \cdot \cos a \varphi - e' \cdot \cos \varphi)^3 \neq 0; \quad (10)$$

Розв'язавши рівняння (9) відносно j , маємо:

$$\varphi = \frac{1}{1-a} \cdot \left(\pm \arccos \frac{R^2 \cdot a^3 + e'^2}{R \cdot a \cdot e' \cdot (a+1)} + 2\pi k \right). \quad (11)$$

Враховуючи, що $\frac{z_{\Pi,к.} - z_i}{z_{\Pi,к.}} = a$ (попередньо прийнято), та виконавши спрощення маємо:

$$\varphi_{перех.} = \frac{z_{\Pi,к.}}{z_i} \times \\ \times \left(\pm \arccos \frac{R^2 \cdot \left(\frac{z_{\Pi,к.} - z_i}{z_{\Pi,к.}} \right)^3 + e'^2}{R \cdot e' \cdot \left(\frac{z_{\Pi,к.} - z_i}{z_{\Pi,к.}} \right) \cdot \left(\frac{2z_{\Pi,к.} - z_i}{z_{\Pi,к.}} \right)} + 2\pi k \right), \quad (12)$$

де $k = 0, 1, 2, \dots (z_{\Pi,к.} - 1)$.

Координати точок переходу епіциклоїдальної та еквідистантної епіциклоїдальній кривим із випуклої у увігнуту і навпаки визначають шляхом підстановки значення кута $\varphi_{перех.}$ у формули (5) та (10) відповідно.

Пропонуємо спосіб обробки робочого профілю цівкового колеса ПЕЦПВЗ дозволяє стабілізувати процес формоутворення за рахунок застосування інструмента випуклої форми постійного знаку кривизни. Підвищення стійкості інструмента за рахунок його оснащення прогресивними різальними

матеріалами, та покращення умов формоутворення дає можливість застосовувати більш високі режими різання, що приведе до зменшення витрат машинного часу на обробку робочого профілю цівкового колеса ПЕЦПВЗ в цілому.

Формула (11) дає можливість визначити координати точок перегину еквідистантної кривої, які визначають виробну випуклу частину інструмента.

Виробний профіль інструмента підлягає коригуванню в зв'язку із наявністю передніх та задніх кутів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калужников А.Н. Геометрический расчет профилей зубьев цевочных передач. // Вестник машиностроения. - 1968. - № 3. - С. 9 - 13.
2. Полюшков А.Г. Насосы с внецентроидным эпициклоидальным зацеплением. // Вестник машиностроения. - 1971. - № 11. - С. 51 - 53.
3. Шанников В.М. Планетарные редукторы с внецентроидным зацеплением. - Л.: Машгиз, 1948. - 172 с.
4. Підгаєцький М.М., Скібінський О.І. Дослідження кривих, які визначають профіль інструмента для обробки цівкового колеса позациентроїдної епіциклоїдальної цівкової передачі // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Збірник наук. праць – Кіровоград: КДТУ. – 2003. – Вип. 13. – С. 294-300.
5. Цепков А.В., Кочнев А.М. Профилирование инструментов для изготовления внецентроидного циклоидального зацепления // Станки и инструмент. - 1972. - № 2. - С. 35-37.
6. Шевцов Е.Н., Сергеев С.Т. Престирование внутреннего цевочного зацепления с учетом технологии его изготовления // Детали машин. - Киев: - 1985. - Вып. 41. - С. 16 - 21.
7. Декларацийний патент на винахід №46410 А, В23F9/00. Інструмент для обробки зубчастих коліс, профілі яких окреслені обвідними сімейства еквідистант позациентроїдних епіциклоїд. / Скібінський О.І., Підгаєцький М.М. Україна. Опубл. Бюл. №5, 2002.
8. Шипачев В.С. Высшая математика. – М.: Высшая школа, 1990. – 479 с.

Одержано 15 вересня 2003 р.

В статье рассматривается способ обработки рабочего профиля цепочного колеса внецентроидной эпициклоидальной передачи внутреннего зацепления, а также методика определения производящей части инструмента для его осуществления.

The article considers the methods of machining operating profile of cogwheel of eccentric epicycloidal gear of internal gearing as well as the technique to determine the operating part of the tool for machining.